

Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. X. Macronutrientes, provincia de Osorno¹

Gotardo Schenkel S.², Pedro Baherle V.³, Tatiana Floody A.⁴ y Mauricio Gajardo M.⁵

INTRODUCCION

En este trabajo se exponen los resultados obtenidos con 51 muestras de suelo recolectadas en la provincia de Osorno y sometidas al ensayo de macetas con ballica de rotación corta.

Los suelos en estudio se han dedicado a la agricultura y ganadería sólo en tiempos recientes, pues "se han formado bajo un clima templado húmedo que permite el crecimiento de una vegetación boscosa" (Rodríguez, 1950). Por tanto, es conveniente considerar algunas de las numerosas transformaciones que ocurren cuando los suelos forestales se destinan al uso agrícola (Dickson y Crocker, 1954) (Lundegardh, 1957) (Scheffer y Schachtachabel, 1960) (Schuffelen, 1958).

La acumulación de materia orgánica (Dickson y Crocker, 1953) (Gersper y Holowaychuk, 1970b) (Rodríguez, 1950) (Smith, Nelson y Switzer, 1963) es reconocida como una parte importante del ecosistema forestal (Moir y Grier, 1969), como asimismo, la acumulación de nitrógeno. La similitud de ambos procesos acumulativos es grande, ya que compromete

a todos los integrantes del bosque (Smith *et al.*, 1963). La descomposición progresiva de los restos de origen forestal aumenta la proporción de nitrógeno en el suelo (Ensminger, 1954) (Moir y Grier, 1969).

Los componentes del bosque poseen gran eficiencia para utilizar los nutrientes primitivamente absorbidos por los árboles, y que se liberan durante la descomposición de la materia orgánica permitiendo su reabsorción (Moir y Grier, 1969) (Rieker, 1971). Mucha importancia se concede en este proceso a los componentes orgánicos contenidos en el agua que escurre sobre el tronco de los árboles ("stemflow") (Gersper y Holowaychuk, 1970a) (Mina, 1965) (Will, 1955) o que cae de la copa de los árboles ("canopy drip") (Malcolm y Mc Cracken, 1968).

Apostolakis y Douka (1970) estudiaron en Grecia la distribución de macro y de algunos micronutrientes en diferentes perfiles cubiertos con distintas especies. Estos autores determinaron que el nivel de elementos nutritivos en el perfil es influenciado por su cantidad total presente, por la alteración a la cual han sido sometidos durante los procesos de formación de suelos y por las especies existentes. Además, se atribuye importancia a la disponibilidad (Rieker, 1971) y/o movilidad (Apostolakis y Douka, 1970) (Madgwick, 1963) del nutriente en el perfil. Por consiguiente, se consideran dos factores estrechamente relacionados entre sí: las especies vegetales (Ensminger, 1954) (Fisher y Stone 1969) (Lundegardh, 1957) y la profundidad efectiva de un perfil penetrada por las raíces (Black, 1968) (Carmean, 1954) (Humphreys y Pritchett, 1971) (Lundegardh, 1957).

También entre las plantas cultivadas existen pronunciadas diferencias en relación a la distancia máxima hasta la cual se extienden

¹Recepción originales: 20 de marzo de 1972.

²Ing. Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

³Ing. Agr., Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

⁴Laboratorista Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

⁵Ayudante de Invernadero y de Laboratorio, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

Los autores expresan su reconocimiento al Programa Ganadero Sur (CORFO), agencia Osorno, por la valiosa ayuda material recibida durante la recolección de suelos de la provincia de Osorno.

También desea agradecerse la cooperación y participación de numerosas personas en la toma de muestras, debiendo mencionar especialmente a los Ings. Agrs. Fernando Becker (INIA), Francisco Berzovic (CORFO), Mauricio Clarke (SAG), Philip Clarke (CORFO), Ljubo Goic (INIA), Fernando Maira (CORFO) y Fernando Mitchell (CORFO).

las raíces en un suelo ácido (Black, 1968) (Russel, 1961). Este factor es tan decisivo que hay quienes postulan la necesidad de incluir una especie de arraigamiento profundo dentro de la rotación de cultivos, para recuperar el nitrógeno presente en los horizontes subsuperficiales (Olsen *et al.*, 1970), o de fertilizar con azufre sólo cuando se utilizan plantas con sistema radicular superficial (Ensminger, 1954).

La conversión de un "suelo natural" en un suelo cultivado, implica fuertes pérdidas de nitrógeno (Porter, Stewart y Haas, 1964) (Schuffelen, 1958) como una resultante de la perturbación introducida en el equilibrio del suelo natural (Schuffelen, 1958). La disminución en el contenido de nitrógeno del suelo cultivado es siempre mayor que la extracción de este nutriente hecha por las plantas ahí cultivadas. Distintos fenómenos son responsables de estas pérdidas, cabiéndole una función destacada al arrastre de nitrógeno por el agua, más allá de la zona radicular (Boswell y Anderson, 1964) (Gardner, 1965) (Gass *et al.*, 1971) (Olsen *et al.*, 1970) (Owens, 1960) (Schuffelen, 1958) (Shaw, 1962) (Terry y McCants, 1970) (Van der Paauw, 1962).

Desde un punto de vista nutricional debe concederse mucha atención al resultado obtenido por Gass *et al.* (1971), quienes sostienen que "el nivel de nitrógeno residual en una profundidad determinada —del perfil del suelo— afecta la absorción de nitrógeno de otras profundidades".

En la interpretación de los resultados se ha tomado muy en cuenta el criterio usado por Rodríguez (1950) para el reconocimiento de los suelos de las provincias de Osorno y Llanquihue. La importancia que éste atribuye a los factores fisiográficos, topográficos y de drenaje son dominantes, porque le confieren características propias a los distintos suelos identificados. Se consideró interesante determinar si estos mismos factores también influyen sobre la fertilidad de dichos suelos. Sin duda debería incluirse la pluviometría como otro elemento de juicio importante (Almeyda y Sáez, 1958) (Hurtado, 1963) (Jenny, 1941) (Lundegardh, 1957) (Scheffer y Schachtachabel, 1960), pero como se trata de una apreciación general, puede estimarse que la variación de la pluviometría está estrechamente relacionada con la fisiografía (Almeyda y Sáez, 1958) (Rodríguez, 1950).

La influencia del drenaje se estudia con los diagramas de fertilidad de dos suelos que proceden del mismo lugar. Para complementar mejor esta información se usan varias muestras que proceden de distintas profundidades. El suelo permeable elegido ocupa una posi-

ción de lomaje suave y se encuentra frecuentemente asociado con un suelo plano de drenaje restringido.

Finalmente, se hacen ciertos alcances relativos a la influencia que tiene el manejo sobre los diagramas de fertilidad.

MATERIALES Y METODOS

a) ELECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO

En el Cuadro 1 se identifican los diferentes lugares de los cuales proceden las 51 muestras de suelo. La metodología de extracción puede consultarse en la Parte II (Schenkel y Baherle, 1971). En la Figura 1 se ve su distribución en la provincia de Osorno.

b) ENSAYO DE MACETAS

Se siguió estrictamente la técnica descrita en la Parte II (Schenkel y Baherle, 1971). En el Cuadro 2 se suministran las fechas de siembra, cantidad de suelo usado y su contenido de humedad en el momento de la siembra.

c) MÉTODOS DE ANÁLISIS

Las determinaciones analíticas de los suelos indicados en el Cuadro 2 se hacen por los procedimientos expuestos en la Parte I (Schenkel *et al.*, 1970) y Parte II (Schenkel y Baherle, 1971).

El color se estima en las muestras secas con ayuda de la tabla de comparación de colores de Munsell (1954).

d) DIAGRAMA DE FERTILIDAD Y SU INTERPRETACIÓN

Los rendimientos de ballica se utilizan para dibujar los diagramas de fertilidad (Schenkel, 1971). El cálculo de los pará-

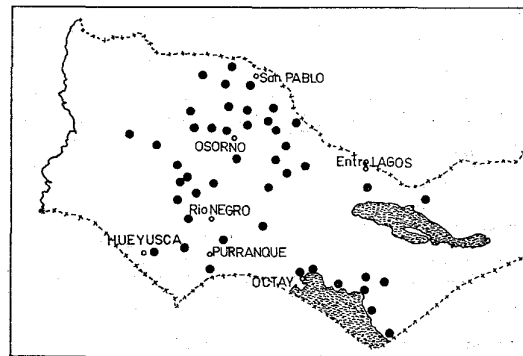


Figura 1 — Distribución muestras de suelo, provincia de Osorno.

metros de las respectivas líneas de fertilidad se hace por el método gráfico descrito en la Parte III (Schenkel, Pino y Floody, 1971).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los coeficientes de la ecuación que carac-

teriza a las distintas líneas de fertilidad han sido calculados para cada suelo y se presentan en Cuadro 3. Con los valores promedios se construyó el diagrama de fertilidad representado en la Figura 2 para el total de 50 muestras. Hay semejanza entre este diagrama y el correspondiente de las provincias de Valdivia (Schenkel *et al.*, 1972) (Schenkel *et al.*,

Cuadro 1 — Identificación de las muestras de suelo. Provincia de Osorno.

MUESTRA LABORAT.	NUMERO ENSAYO	PROFUN-DIDAD	COLOR MUNSELL	LUGAR	UBICACION
1986	P-20	0-15	7,5YR4/4	Osorno	Murimumo, Oscar Karle
1987	P-21	0-15	5YR3/4	Osorno	hacia Pucatrihue, Roberto Follert
1988	P-22	0-20	10YR4/3	Las Quemadas	ensayo praderas INIA, Sr. Mohr
1989	P-23	0-20	10YR3/2	Entre Lagos	Sr. Kuhlenkamp
1990	P-24	0-20	10YR3/1	Puyehue	Aldo Epple
1991	P-25	0-20	10YR3/2	Los Negros	El Avi6n, Sr. Eggers
1992	P-26	0-20	10YR3/2	El Nadi	Westfalia, Martin Busch (30 Km. al E. de Osorno)
1993	P-27	0-20	10YR4/3	Osorno	45 Km. al O.
2029	AT	0-20	10YR4/3	Corte Alto	1 Km. al E., Manfredo Klocker
2032	PX	0-20	10YR5/4	Puerto Octay	6 Km hacia Volcán
2033	PF	0-20	10YR3/2	Puerto Fonck	6 Km. hacia Rupanco
2034	CD	0-15	5YR4/4	Chacayal	Armando Arnd
2035	OS	0-20	10YR5/4	Remehue	INIA, Subestación Experimental
2036	HX	0-20	10YR3/2	San Pablo	a 2 Km. de Huiño
2233	26	0-15	7,5YR4/4	Crucero	9 Km. hacia Purranque
2234	27	15-35	7,5YR4/4	Crucero	9 Km. hacia Purranque
2235	28	0-15	10YR4/2	Hueyusca	La Naranja, Pueblo Hundido
2245	38	0-20	10YR4/3	Osorno	Chapilcahuin, lomaje, W. Meyer
2246	39	20-40	10YR4/4	Osorno	Chapilcahuin, lomaje, W. Meyer
2247	40	40-70	10YR4/4	Osorno	Chapilcahuin, lomaje, W. Meyer
2248	41	70-100	10YR4/4	Osorno	Chapilcahuin, lomaje, W. Meyer
2277	70	0-20	10YR5/3	Chapilcahuin	Hualves, Walter Meyer
2278	71	20-35	10YR7/2	Chapilcahuin	Hualves, Walter Meyer
2279	72	35-65	10YR8/2	Chapilcahuin	Hualves, Walter Meyer
2283	76	0-25	10YR3/2	Puerto Octay	CORA, asentamiento La Gruta
2284	77	25-60	10YR4/2	Puerto Octay	CORA, asentamiento La Gruta
2287	80	0-20	10YR4/2	Volcán	2 Km. hacia el E.
2288	81	0-25	10YR4/3	Puerto Klocker	1 Km. hacia el N.
2293	86	0-20	10YR3/2	La Picada	10 Km. al NE. de Puerto Klocker
2294	87	0-25	10YR4/2	Las Cascadas	1 Km. hacia el O.
2350	143	0-20	10YR5/3	San Pablo	Carlos Follert
2351	144	0-20	10YR4/3	San Pablo	20 Km. al E., La Poza, C. Stein
2359	152	0-25	10YR4/3	Chan-Chan	a 18 Km. de Pto. Octay, Sra. Cofré
2360	153	0-15	7,5YR4/4	Pichil	Ruth Blaña
2361	154	0-30	10YR3/2	Quilanto	Esmeralda, Ruth Lütticke
2362	155	0-20	10YR4/3	Pichidamas	Carlos Hoek
2363	156	0-20	10YR4/2	Riachuelo	Alfredo Hubach
2364	157	0-25	10YR4/3	Oromo	Arnoldo Brettauer
2377	170	0-20	10YR5/3	Trumao	Comunidad Vásquez Soriano
2378	171	0-20	7,5YR4/4	Huilma	Huillinco, Ramón García
2379	172	0-20	7,5YR4/4	Popoen	Dollinco, Juan Peters
2380	173	0-20	10YR4/4	Quilacahuin	molino, Sr. Lagos
2384	177	0-20	10YR4/3	Chahuilco	Santa Ella, Reinaldo Rudloff
2390	183	0-20	10YR4/4	Osorno	10,5 Km. hacia San Juan de la Costa, Forrahue, Lupercio Martínez.
2392	185	0-20	10YR4/3	Quilacahuin	Puloyo, Raúl Saint Jean
2393	186	0-20	10YR5/4	Caracol	Héctor Vásquez
2394	187	0-20	7,5YR4/4	Huilma	El Mirador, Emilio Servoin
2395	188	0-20	10YR5/3	Trumao	El Roble, Eduardo Kemp
2396	189	0-20	10YR5/4	Huilma	El Refugio, Emilio Servoin
2397	190	0-20	10YR4/3	San Pablo	Pincoy, Oscar Becker
2407	200	0-20	10YR4/2	Chahuilco	Alberto Kramer

1971a), observándose pequeñas variaciones en las intensidades de las deficiencias (valores de A y de m). Muy poco varían las líneas de fertilidad del fósforo, magnesio y azufre cuando se atiende a los coeficientes de posición (A), notándose en todo caso una menor discrepancia entre los valores promedios de

las provincias de Valdivia y Osorno, que entre cualquiera de éstas, y Cautín. La coincidencia entre estos valores para las dos primeras provincias citadas no puede ser más perfecta: fósforo 47 y 47,3; magnesio 96,1 y 96,2 y azufre 93,3 y 93,9. En cambio, para potasio y micronutrientes hay diferencias no despreciables,

Cuadro 2 — Datos de siembra y algunas características de las muestras, provincia de Osorno.

SUELO Nº	DATOS DE SIEMBRA			pH KCl NORMAL	MAT. ORG. %
	SUELO G/MACETA	HUMEDAD ¹ %	FECHA		
1.986	1.190	33,4	4-XII-67	4,7	10,0
1.987	1.230	29,3	5-XII-67	4,8	6,4
1.988	960	71,1	5-XII-67	5,2	13,0
1.989	880	72,7	5-XII-67	4,8	17,9
1.990	1.000	74,3	5-XII-67	5,1	14,7
1.991	880	86,8	7-XII-67	4,9	17,4
1.992	820	94,3	7-XII-67	4,8	15,9
1.993	1.360	33,2	7-XII-67	4,6	7,7
2.029	1.030	47,1	30-I-68	4,7	13,4
2.032	980	40,7	1-II-68	5,1	11,4
2.033	930	65,9	1-II-68	6,4	13,4
2.034	1.200	18,8	2-II-68	4,3	6,5
2.035	980	39,0	3-II-68	4,6	11,4
2.036	1.030	70,0	3-II-68	4,6	9,1
2.233	1.160	60,2	3-IX-68	4,2	11,0
2.234	1.260	57,3	3-IX-68	4,4	6,1
2.235	1.260	49,0	3-IX-68	4,1	7,1
2.245	1.160	74,8	13-IX-68	3,9	13,1
2.246	1.060	86,8	13-IX-68	4,7	11,2
2.247	1.060	94,1	13-IX-68	5,1	8,8
2.248	1.060	78,3	13-IX-68	5,1	4,7
2.277	1.260	104,5	17-X-68	3,9	7,0
2.278	1.160	80,6	17-X-68	3,6	0,6
2.279	1.160	58,8	17-X-68	3,7	0,4
2.283	1.010	89,7	4-III-69	4,6	11,2
2.284	910	87,3	4-III-69	5,1	6,8
2.287	1.010	74,6	4-III-69	4,3	9,8
2.288	1.010	71,3	4-III-69	4,8	7,8
2.293	1.010	68,0	4-III-69	4,2	11,8
2.294	1.010	64,5	4-III-69	4,6	8,8
2.350	1.110	66,1	12-IV-69	4,4	9,8
2.351	1.110	78,9	12-IV-69	4,4	14,1
2.359	1.160	58,9	17-IV-69	4,6	11,7
2.360	1.060	85,6	17-IV-69	4,4	14,1
2.361	1.010	84,8	17-IV-69	4,2	13,5
2.362	1.110	92,1	17-IV-69	4,3	12,8
2.363	1.310	43,7	17-IV-69	4,0	11,4
2.364	1.210	58,1	17-IV-69	4,4	10,4
2.377	1.410	40,6	9-V-69	4,2	7,1
2.378	1.360	35,7	9-V-69	4,1	6,5
2.379	1.310	39,3	9-V-69	4,1	9,0
2.380	1.410	37,9	9-V-69	4,2	7,3
2.384	1.210	50,5	13-V-69	4,4	10,0
2.390	1.410	35,6	4-VII-69	4,0	4,4
2.392	1.410	31,3	4-VII-69	3,9	4,1
2.393	1.210	55,8	4-VII-69	4,3	9,5
2.394	1.360	34,5	4-VII-69	4,1	9,0
2.395	1.460	30,1	4-VII-69	4,0	4,1
2.396	1.310	37,3	4-VII-69	4,1	6,7
2.397	1.260	51,5	4-VII-69	4,4	7,8
2.407	1.160	68,2	12-VIII-69	4,4	9,5

¹La humedad, en el momento de la siembra, se expresa por 100 gramos de suelo seco.

y con estos nutrientes se registra más similitud entre los correspondientes parámetros de Cautín y Valdivia, que entre uno de ellos y los respectivos de la provincia de Osorno. Para el potasio se determinaron los siguientes valores de A: 58,7; 56,9 y 67,9 en las tres provincias: Cautín, Valdivia y Osorno. Esta situación confiere mayor gravedad a la deficiencia de potasio en los suelos de Valdivia, especialmente cuando se toma en cuenta que también en ellos se establece la mayor velocidad de agotamiento ($m = -0,01185$; $-0,02712$ y $-0,01705$, mencionados en el mismo orden previamente indicado). Otro tanto ocurre con los micronutrientes, cuyas reservas parecen ser superiores en los suelos de la provincia de Osorno, que en los de Cautín y muy especialmente de Valdivia. Así se deduce de los valores promedios de A: 98,9; 90,9 y 89,7, y de m : $-0,003854$; $-0,003165$ y $-0,08139$ para los suelos de las correspondientes provincias de Osorno, Cautín y Valdivia.

Lo anterior no excluye la existencia de suelos, en cada una de las provincias, que se comporten en forma diferente de la conducta general asumida, como se aprecia en el Cuadro 3 para los suelos de Osorno. Además, debe expresarse que es más frecuente registrar una variación en la intensidad de la deficiencia que en su jerarquía, cuando éstas se ordenan en forma decreciente.

La Figura 2 muestra que la mayor severidad la reviste la deficiencia de fósforo, siguiéndole la de potasio en los suelos de la provincia de Osorno. A mayor distancia se ubican el azufre y el magnesio. Notablemente menor es el efecto depresivo sobre los rendimientos de ballica producido por la falta de calcio o de micronutrientes en la fórmula de fertilización.

Para estimar la influencia que pudiera tener la profundidad de la cual procede la muestra, se han calculado los coeficientes de las ecuaciones de fertilidad de cada nutriente. Estas líneas de las 43 muestras superficiales se sobreponen bien a las del total de muestras (cincuenta), con las excepciones del potasio, cuya deficiencia es menos grave ($A = 72,5$ en vez de 67,9) y del azufre, cuya velocidad de agotamiento es mayor ($m = -0,01740$ en vez de $-0,01576$) en las muestras superficiales. De este modo se confirma que la menor reserva de azufre se encuentra en la superficie, a diferencia de lo que ocurre con el potasio, cuyo empobrecimiento es mayor en las muestras subsuperficiales. Análoga conclusión se había establecido previamente con suelos de Cautín (Schenkel *et al.*, 1971a) y Valdivia (Schenkel *et al.*, 1972). En suelos de otros países también se ha encontrado más sulfato en las muestras subsuperficiales (Ensminger, 1954) y una tendencia del potasio de acumu-

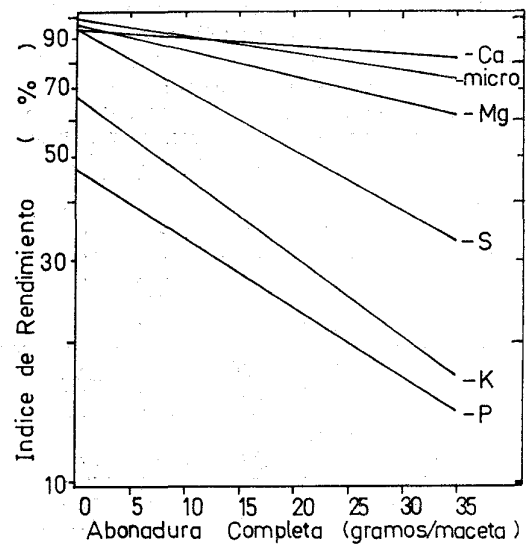


Figura 2 — Diagrama de fertilidad. Promedio provincia de Osorno (50 muestras).

larse en la superficie (Apostolakis y Douka, 1970) (Gersper y Holowaychuk, 1970a) (Lutz y Chandler, 1951) (Moir y Grier, 1969) (Rieker, 1971).

La Figura 3 presenta los diagramas de fertilidad de dos suelos que proceden de un mismo lugar, ya que distan entre sí alrededor de 500 metros. Ambos han sido manejados durante más de quince años por el mismo agricultor y se encuentran sometidos a igual régimen de lluvias. La pluviometría alcanza para este lugar 1.500 mm promedio anual, de los cuales se distribuyen 700 mm en el período invernal (Almeyda y Sáez, 1958). Sin embargo, los dos suelos difieren fundamentalmente en el drenaje (Chile. Instituto de Investigación de Recursos Naturales - CORFO, 1964) (Rodríguez, 1950). El suelo trumao Osorno es de topografía suavemente ondulada y permeable. El segundo suelo, Reconciliación, es de topografía muy plana, con drenaje deficiente (Chile. Instituto de Investigación de Recursos Naturales - CORFO, 1964) (Rodríguez, 1950). En la Figura 3 se ve que existen claras diferencias entre los diagramas de fertilidad de ambos suelos, cuando se atiende a las reservas de azufre. Sólo el trumao Osorno posee sus menores reservas de azufre en la superficie, siguiendo exactamente el comportamiento general indicado con anterioridad. Para el suelo Reconciliación, por el contrario, se constatan las mayores reservas de azufre en la superficie, asumiendo una conducta anormal. Ello se explica porque se trata de suelos que ocupan depresiones y tienen mal drenaje, con

Cuadro 3 — Valores de la ecuación $\log Y = \log A + mX$ correspondiente a las diferentes líneas de fertilidad. Provincia de Osorno.

SUELO Nº	FOSFORO		POTASIO		CALCIO		MAGNESIO		AZUFRE		MICRONUTRIENTES	
	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*
1986	67,0	— 806	130,0	— 787	126,0	— 457	125,0	— 493	103,0	—1269	116,0	— 280
1987	75,0	— 982	110,0	—1038	118,0	— 449	125,0	— 570	130,0	—2056	136,0	— 556
1988	52,5	—1658	108,0	—1079	100,0	0	108,0	— 232	140,0	—1627	120,0	— 566
1989	65,0	— 988	69,0	—2293	98,0	— 76	121,0	— 615	129,0	—1182	119,0	— 540
1990	64,0	— 60	64,0	—1943	109,0	— 129	133,0	— 885	135,0	—1651	111,0	— 239
1991	66,0	— 889	72,0	—1838	105,0	— 73	105,0	— 391	126,0	—1315	112,0	— 410
1992	54,0	—1286	41,0	—1101	65,0	+ 576	95,0	— 423	115,0	—1292	107,5	— 414
1993	37,0	—1578	99,0	— 544	104,0	— 384	101,0	+ 265	102,0	— 658	102,0	— 151
2029	48,0	—1354	118,0	—1364	96,0	0	102,5	— 302	107,0	— 473	111,5	— 389
2032	38,5	—1482	49,0	—2465	105,0	0	99,0	— 54	120,0	—1726	105,0	— 223
2033	46,0	—2024	79,0	—2156	93,0	+ 211	100,0	— 311	115,0	—1723	106,0	— 355
2034	61,5	— 411	99,0	—1036	114,0	— 354	113,0	— 380	108,0	—1391	110,0	— 281
2035	42,0	—1889	73,0	—1814	96,0	+ 57	98,0	— 339	96,0	—1539	101,0	— 455
2036	43,0	—2436	74,0	—2317	94,0	+ 530	106,0	— 489	109,0	—2349	116,0	— 695
2233	31,5	— 826	59,0	— 567	95,0	+ 106	83,0	— 40	109,0	—1062	90,0	— 12
2234	41,0	—1613	66,0	—1003	95,5	0	90,0	— 477	85,0	— 181	100,0	— 158
2235	45,0	— 440	80,0	— 329	98,0	+ 217	100,0	— 67	73,0	—1393	93,0	+ 126
2245	23,0	+ 276	27,5	— 672	81,0	+ 381	88,0	— 188	26,0	— 865	100,0	— 102
2246	24,0	— 552	19,5	— 906	89,0	+ 211	77,0	— 447	97,0	— 221	80,0	+ 101
2247	36,5	—1158	27,5	—1187	123,0	— 108	110,0	— 376	116,0	— 460	108,0	— 486
2248	38,0	—1088	31,0	—1567	85,0	+ 374	93,0	— 163	97,0	— 93	83,0	— 126
2277	51,5	— 552	90,0	— 169	121,0	0	113,0	— 221	101,0	— 155	121,0	— 129
2278	39,0	—1054	44,0	—1693	100,0	+ 122	110,0	— 414	71,0	— 623	101,0	— 122
2279	36,0	—1391	40,5	—1898	92,0	+ 241	99,0	— 104	59,0	—1146	100,0	— 83
2283	66,0	—3214	76,0	—2753	102,0	— 477	105,0	— 972	120,0	—2140	98,0	— 696
2284	63,0	—3553	48,0	—4258	104,0	—1097	90,0	—1406	93,0	—1267	92,0	—1071
2287	55,0	—2742	48,0	—2672	85,0	— 560	91,0	— 783	100,0	—1982	96,0	— 686
2288	63,0	—1702	52,0	—3410	105,0	— 483	117,0	— 921	101,0	— 11	115,0	—1032
2293	61,0	—2533	39,0	—2570	106,0	— 771	109,0	—1675	93,0	— 952	95,0	— 737
2294	53,0	—2481	42,5	—2565	94,0	0	97,0	— 287	91,0	—1649	115,0	— 991
2350	50,0	—3177	60,0	—3619	81,0	0	71,0	— 288	73,0	—2539	82,0	—1067
2351	45,0	—2840	53,0	—3082	94,0	— 613	83,0	—1058	89,0	—2819	71,0	+ 391
2359	41,0	— 753	24,0	—1690	116,0	— 578	83,0	— 559	107,0	—2263	81,0	— 196
2360	50,0	—2912	61,0	—3415	82,0	— 531	88,0	—2294	98,0	—3705	76,5	—1390
2361	51,0	—2830	23,5	—2969	77,0	—3057	80,0	—3473	85,0	—2816	99,0	—2691
2362	57,0	—3210	38,0	—3221	88,0	— 592	95,0	—2144	84,0	—1811	84,0	0
2363	48,5	—2540	74,5	—1125	69,0	+ 338	112,0	—1697	79,0	—1360	69,0	+ 717
2364	41,5	—1489	79,0	— 186	83,0	— 80	85,0	— 41	82,0	—2812	123,0	—1166
2377	35,0	—1814	84,0	—1040	74,5	— 280	66,0	+ 198	56,0	— 766	73,0	+ 367
2378	38,0	—1901	96,0	—3169	79,0	—1328	80,5	—1034	61,5	—2235	97,0	+1767
2379	23,0	— 656	88,0	—2727	145,0	—2129	120,0	—2816	85,0	—1583	106,0	—2040
2380	28,0	+ 516	63,0	+1056	50,0	+1434	50,0	+2408	36,0	— 900	60,0	+1116
2384	Ensayo perdido											
2390	17,0	+2739	67,0	+ 915	22,5	+1744	78,0	+1270	52,5	—1558	73,0	+1093
2392	47,5	— 112	86,0	— 471	69,0	+1465	80,0	+ 570	60,5	—2445	89,0	— 331
2393	38,0	—1965	85,0	—1637	93,0	—1648	83,5	—1522	72,0	—2529	106,0	—1411
2394	46,5	—1734	84,0	— 980	67,0	+1200	65,0	+1101	84,0	—2393	87,5	0
2395	67,0	—2360	73,0	—1330	101,0	— 453	79,0	+1280	135,0	—3258	101,0	— 991
2396	49,5	—2724	93,0	—1694	70,0	+ 595	104,0	—2000	93,0	—2618	116,0	— 731
2397	30,0	+ 796	104,0	—2295	94,0	— 94	93,0	— 57	89,0	—2189	109,0	— 640
2407	77,0	—3476	84,0	—2580	73,5	+ 581	112,0	—1232	105,0	—1752	83,0	— 308
Pro- me- dio (50)	47,3	—1498,2	67,9	—1705,0	92,5	—1283	96,2	— 543	93,9	—1576,0	98,9	—385,4

*Todos los valores de m deben multiplicarse por 10⁻⁵.

lo que no hay pérdidas de azufre por lixiviación (Chile. Instituto de Investigación de Recursos Naturales - CORFO, 1964) (Rodríguez, 1950). Diferente comportamiento tiene el suelo trumao Osorno, ya que aquí este elemento es arrastrado hacia capas más profundas por el agua de lluvia que lo penetra fácilmente favorecido por la buena permeabilidad. Es muy probable que el azufre así lixiviado a través del perfil deba considerarse perdido para las especies herbáceas cultivadas, por permanecer a una distancia inalcanzable para el sistema radicular de estas plantas. Tal situación puede haberse desencadenado cuando desapareció el bosque, pasando a ocupar su lugar las praderas y los cereales, especies todas con sistema radicular más superficial. Con ello quiere insinuarse que esta deficiencia de azufre puede ser reciente en estos suelos (último siglo), porque puede estar relacionada con la ausencia del bosque que los poblaba.

Con el azufre arrastrado por las aguas lluvias en perfiles de suelo semejantes al trumao Osorno hay una segunda alternativa, y es que escurra hacia las depresiones donde se encuentra el suelo Reconciliación (Chile. Instituto de Investigación de Recursos Naturales - CORFO, 1964) (Rodríguez, 1950) u otros (Rodríguez, 1950), con el consiguiente enriquecimiento en este elemento.

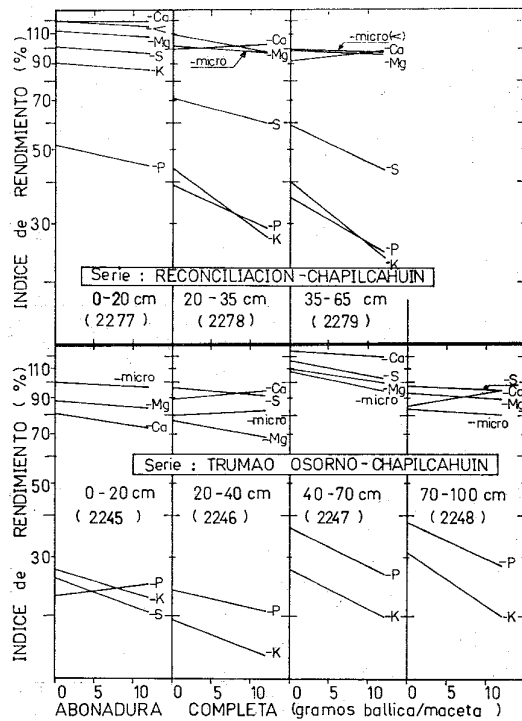


Figura 3 — Diagrama de fertilidad de dos suelos con permeabilidad diferente y del mismo lugar.

De lo anterior se deduce la conveniencia de considerar algunas propiedades físicas del suelo (Carmean, 1954) (Dickson y Crocker, 1954) (Gersper y Holowaychuk, 1970a, 1970b), para formar juicio sobre su fertilidad. Rodríguez (1950) distingue "cinco grupos de suelos, considerando la topografía y el drenaje, que en la región influye notablemente para determinar las características de los suelos". Se estima de utilidad reseñar brevemente estos cinco grupos:

- a) "suelos de topografía de colina, irregulares e inclinados, que corresponden a las últimas morrenas de la época glacial" (por ej., muestra 2293);
- b) "suelos de topografía ligeramente ondulada, con pendientes suaves de 2 a 8% y de perfil permeable" (muestra 2407);
- c) "suelos de topografía muy plana o que se encuentran en depresiones" (muestra 2361);
- d) "suelos de topografía ondulada, con perfiles densos, pero permeables y bien drenados, que se encuentran en llanos antepuestos a la cordillera de la costa" (muestra 2235);
- e) "suelos que se encuentran en las terrazas aluviales (muestra 2330), siguiendo el curso de los ríos".

Los diagramas de fertilidad de las muestras aludidas se presentan en la Figura 4. La jerarquía de las deficiencias nutritivas dominantes se alteran revistiendo mayor gravedad las siguientes, que decrecen en el orden indicado:

- potasio, fósforo y magnesio para la muestra 2293,
- fósforo, potasio y azufre para la muestra 2407,
- todos, pero esencialmente potasio para la muestra 2361, y
- fósforo, azufre y potasio para la muestra 2235.

La misma interpretación se puede hacer cuando se consideran otras muestras como representante de su grupo. Por ejemplo, se ve que son los mismos tres elementos: fósforo, potasio y azufre, los que actúan en las muestras 2407 (Fig. 3), 2245 (Fig. 4) y 2350 (Fig. 5). También se constatan escasas reservas de todos los nutrientes —aunque preferentemente del potasio— en las muestras 1992 (Fig. 5), 2360 y 2361 (Fig. 4) de suelo ñadi. Semejante observación se formuló con la muestra 2334, Loncopán, de la provincia de Valdivia (Schenkel *et al.*, 1972).

Gran atención debe concederse al diagrama del suelo 2235 (Fig. 4), que a semejanza de las muestras 1986, 1987, 2393 y 2396 se caracterizan por tener graves deficiencias de fósforo y azufre. Al referirse a estos suelos no

puede omitirse la importancia que incumbe al nitrógeno, particularmente cuando ellos han sido mal manejados. El manejo puede asociarse con la utilización que se haga de los elementos nutritivos presentes en las estratas más profundas del perfil del suelo, como se ha observado para nitrógeno (Boswell y Anderson, 1964) (Gardner, 1965) (Gass *et al.*, 1971) (Olsen *et al.*, 1970) (Owens, 1960) (Schuffelen, 1958) (Shaw, 1962) (Terry y Mc Cants, 1970) (Van der Paauw, 1962) y para azufre (Ensminger, 1954) (Stewart y Whitfield, 1965). También puede afectar la erosión (Stewart y Whitfield, 1965), proceso selectivo por el cual se pierde el material más enriquecido en algunos nutrientes en relación al suelo del cual procede (Stoltenberg y White, 1953).

La muestra 2361 (Figura 4), ñadi, merece una consideración especial cuando se atiende al calcio, pues en ninguno de los restantes suelos —que no sean ñadi— incumbe a este nutriente una función tan relevante. Todos ellos disponen de suficiente calcio, condición que no se cumple para los ñadis. Parecido agotamiento se comprueba en estos mismos suelos para los micronutrientes (Schenkel y Gajardo, 1971).

En la Figura 5 se desea analizar en detalle algunos factores que parecen incidir sobre el diagrama de fertilidad. La muestra 2390 corresponde a una terraza del río Rahue, de textura arcillosa. Como se ve en la Figura 5 este suelo tiene una disposición de las líneas de fertilidad del calcio y del fósforo distinta de la previamente observada. Hasta una producción de 12 gramos de materia seca/maceta actúan simultáneamente como deficiencias nutritivas dominantes las de fósforo y calcio. Posteriormente —a mayor intensidad de uso del suelo— aparece con inusitada severidad la carencia de azufre, relegando las dos anteriores a segundo plano. Por tratarse de terrazas de río es probable que estos suelos estén constituidos por material mineralógico poco homogéneo. De cualquier modo debe admitirse que sus propiedades son aún poco conocidas y aparentemente más complejas de lo supuesto. Ocupan aproximadamente 10.000 hectáreas, superficie que es pequeña en relación a la ocupada por los restantes suelos (Rodríguez, 1950).

La muestra 1992 permite colegir la trascendencia que tiene un buen manejo sobre la fertilidad del suelo. Ambas muestras 1992 representadas en la Figura 5 proceden del mismo predio y se ubican a menos de 300 metros una de otra. La primera se recolectó en la parcela testigo de un ensayo en praderas (Goic, 1968). La segunda muestra procede de la misma pradera, pero bajo las condi-

ciones de manejo dadas por el agricultor. Ambos diagramas de fertilidad de la Figura 5 son muy parecidos, pues se mantiene que las carencias nutritivas decrecen según el orden: potasio, fósforo, azufre, calcio y magnesio, pero con la particularidad que el mejor manejo dado por Goic equivale a una mayor disponibilidad de nutrientes. La fertilidad actual del suelo que corresponde a la parcela testigo es mayor. Esto se comprueba con el hecho de que las líneas de fertilidad del potasio, azufre, magnesio y calcio son paralelas, es decir, tienen la misma pendiente (m), pero siempre un mayor coeficiente de posición para el mejor manejo. Hace excepción a esta regla el fósforo, nutriente para el cual, por el contrario, se cumple que posee un mismo coeficiente de posición ($A = 54$) con ambos manejos, pero acelera su agotamiento con el manejo dado por el agricultor. Se abre así un campo apasionante cual es la interacción manejo \times fertilidad del suelo. ¿Cuánto del éxito atribuido al buen manejo es consecuencia de una mayor eficiencia y economía en el uso de los nutrientes?

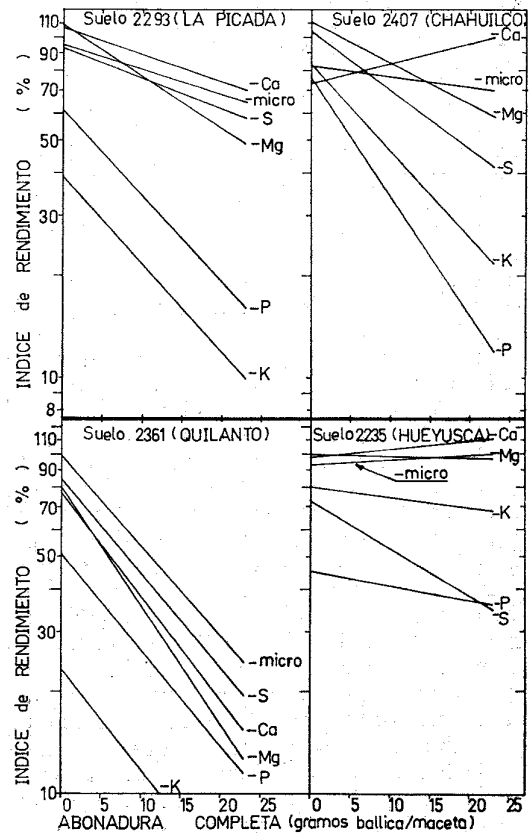


Figura 4 — Efecto de la fisiografía en los diagramas de fertilidad.

Con la muestra 2293 (Figura 5) se tiene una evidencia que el sólo análisis de las producciones de materia seca es a menudo insuficiente para juzgar las carencias nutritivas. Con un rendimiento acumulado de 8,23 gramos de ballica/maceta (en el segundo corte) de la abonadura completa se determina un índice de fertilidad del 79%, porcentaje que podría estimarse satisfactorio. Sin embargo, ocurre que para las condiciones así definidas se presentó una inconfundible deficiencia de magnesio en la ballica (Dickson y Crocker, 1954) (Sprague, 1964) (Wallace, 1953). Pocas dudas pueden quedar de que la calidad de la ballica se afectó más que su rendimiento por la insuficiencia de magnesio. En condiciones prácticas significaría que se produce suficiente forraje, pero sus bajos niveles de magnesio pueden inducir hipomagnesemia en los animales así alimentados. Este ejemplo previene que el conocimiento de los índices de rendimiento —aunque necesario— es insuficiente para juzgar correctamente la condición carencial de un elemento nutritivo.

Hubo curiosidad por evaluar la acción que tendrían siembras de remolacha sacarina durante varios años seguidos en el suelo trumao Osorno. La muestra 2350 (Figura 5) procede de un predio así, que en el momento de su recolección disponía de una pradera con trébol blanco, ballica y siete venas. Su diagrama de fertilidad presenta excepcional gravedad para las deficiencias de potasio y fósforo, habiéndose intensificado la primera en relación al diagrama comparable de la muestra 2407 (Figura 4). Además se agravaron las deficiencias de magnesio y de micronutrientes. Consecuente con los antecedentes expuestos al discutir la muestra 2293 (Figura 5) debe considerarse crítico el nivel de magnesio, ya que este es aún inferior en la muestra 2350. Los menores índices de rendimiento definidos por la línea de los micronutrientes indican que su agotamiento se intensificó, pero no contesta a la pregunta cuando se pretende identificar el o los elementos responsables. En consecuencia, puede dudarse seriamente que estemos en posesión de los conocimientos suficientes para mantener una agricultura o ganadería muy intensiva, por cuanto un uso prolongado del suelo en forma intensiva no es sostenible indefinidamente si se le compensa exclusivamente con mayores cantidades de abonos nitrogenados, fosfatados y potásicos. Parecería más lógico deducir del caso precedente que esta intensificación debería vincularse con una variación de la fórmula de fertilización y con una readaptación de las cantidades necesarias de aplicar de cada elemento nutritivo. Pretender que las dosis de fertilizantes sean las mismas para

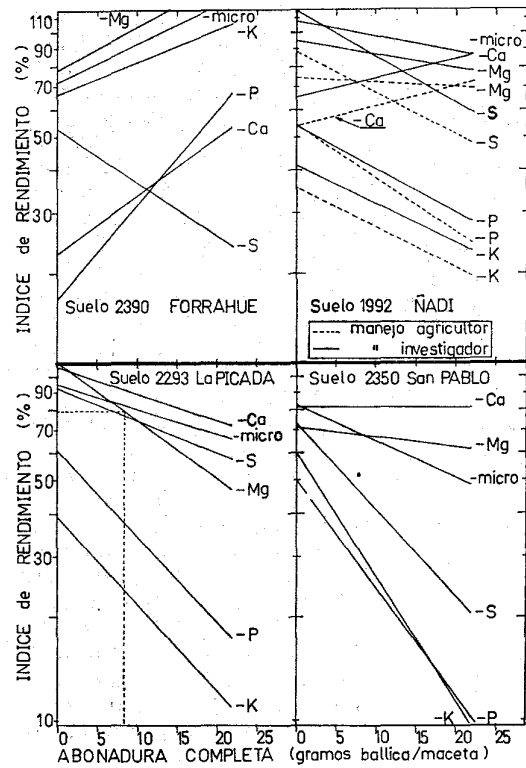


Figura 5 — Diagramas de fertilidad especiales.

una agricultura intensiva que para una extensiva, es simplificar demasiado el problema. Los errores de semejante criterio conducirían irremediablemente al fracaso.

CONCLUSIONES

La exploración de deficiencias nutritivas realizada en suelos de la provincia de Osorno permite identificar al fósforo, potasio y azufre como los principales elementos carenciales. Cuando se atiende a los rendimientos de ballica, es muy semejante el comportamiento de los suelos de esta provincia al de los de Valdivia para las líneas de fertilidad del fósforo, magnesio y azufre. Por el contrario, las líneas de fertilidad del potasio y micronutrientes (B, Mo, Zn, Cu y Mn) se superponen mejor con las de la provincia de Cautín que con las de Valdivia en el diagrama de fertilidad.

Pronunciada variación individual se observa entre muestras, las que se dejan asociar mejor con algunas propiedades físicas del suelo y que dicen relación con la topografía, fisiografía y drenaje del lugar original de la misma. El mal drenaje parece asociarse con un aumento de las reservas de azufre en las mues-

tras superficiales, lo que es contrario a la regla general cuando no existe esta limitante.

La clasificación en cinco grupos de suelos realizada por Rodríguez (1950) en el reconocimiento de suelos de la región, presta gran utilidad para encontrar una secuencia en los cambios introducidos en los respectivos diagramas de fertilidad. Los suelos correspondientes a las últimas morrenas glaciales, ubicadas en la proximidad de la cordillera de los Andes, poseen acentuadas deficiencias de potasio, fósforo y a menudo de magnesio, donde generalmente la de potasio es tanto o más severa que la de fósforo. En contraposición a ello, para los suelos ubicados en llanos antepuestos a la cordillera de la costa, con perfiles densos y permeables, asume una función relevante la carencia de azufre, que junto a la de fósforo son las dominantes. Entre estos dos grupos de suelos se encuentran los de mayor uso actual, de topografía ligeramente ondulada y situado en el llano central. En ellos es corriente que se imponga esencialmente la deficiencia de fósforo, aunque acompañada siempre de las carencias de potasio y de azufre, pero generalmente con menor intensidad. De acuerdo a las observaciones preliminares es posible que la intensidad de estas deficiencias acompañantes esté determinada por el manejo que se hace de dicho suelo, como de su uso.

En los suelos de terrazas aluviales, siguiendo el curso de los ríos, pareciera estar comprometida la deficiencia de calcio, fósforo y azufre. Finalmente se ubican los ñadis, en los cuales se centralizan los más difíciles y gra-

ves problemas de fertilidad. La limitante nutricional en este último caso es impuesta por todos los nutrientes, incluyendo el calcio.

El efecto que tienen dos manejos distintos se discute con el suelo 1992. Hay gran similitud entre los diagramas de fertilidad de las dos muestras, pero con la notoriedad que el mejor manejo equivale a una mayor disponibilidad de nutrientes. Esta se manifiesta para las líneas de fertilidad del potasio, azufre, magnesio y calcio en que se mantiene la pendiente, pero correspondiendo siempre el mayor coeficiente de posición a la muestra de suelo que procede de la pradera mejor manejada.

Con la muestra 2293 se adquiere la evidencia que la caída de rendimientos —como único criterio— es insuficiente para calificar la deficiencia de un nutriente. La producción acumulada de materia seca es un elemento de juicio útil, pero tiene el inconveniente de subestimar las modificaciones introducidas en la calidad. Así se demuestra en este caso con la sintomatología de deficiencia de magnesio que es visible en la ballica del tratamiento sin magnesio, cuando el índice de rendimiento es todavía tan alto como 79% del correspondiente a la abonadura completa.

Algunos antecedentes se entregan para ilustrar el agotamiento que causan varios años seguidos de remolacha sacarina cultivada en el mismo potrero. Parecería que disminuirían sensiblemente los niveles de potasio, magnesio y micronutrientes en el suelo.

RESUMEN

En ensayos de macetas con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* se identifican las carencias nutritivas de 50 muestras de suelo de la provincia de Osorno. Sólo siete de ellas no proceden de la capa arable.

La interpretación de los resultados se hace mediante el diagrama de fertilidad. Las deficiencias predominantes son fósforo, potasio y azufre, debiendo calificarse las dos primeras como graves.

Al igual que con las restantes provincias ya estudiadas se observa variación entre muestras. Generalmente, es más afectada la intensidad de las deficiencias que su jerarquía, o sea, el orden decreciente en el cual limitan la producción.

Los factores topográficos y de permeabilidad influyen sobre los diagramas de fertilidad. La deficiencia de potasio tiende a acentuarse en suelos ubicados en la precordillera de los Andes. Cuando se avanza hacia la cordillera de la costa pasa gradualmente a ocupar esta importancia el azufre. Hacen excepción los suelos ñadi, donde todos los elementos nutritivos, incluso el calcio y los micronutrientes son carenciales, aunque preferentemente el potasio. En lo que concierne a sus problemas de fertilidad, se asigna a estos suelos la mayor complejidad.

El manejo del suelo también altera el diagrama de fertilidad. Un mejor manejo se asocia con una mayor fertilidad actual, debiéndose probablemente a una mayor economía o eficiencia de los nutrientes.

El valor promedio de las ecuaciones de fertilidad se calcula para cada nutriente. Se determina para A: 47,3; 67,9; 92,5; 96,2; 93,9 y 98,9, y para la pendiente m: -0,014984; -0,017050; -0,001283; -0,005430; -0,015760 y -0,003854 con los respectivos nutrientes fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y micronutrientes.

SUMMARY

The nutritional deficiencies of 50 soil samples from Osorno province, are identified in potted experiments with *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*. Only seven of these samples did not come from plow-depth level.

Interpretation of the results is made through a fertility diagram. The main deficiencies detected are: phosphorus, potassium and sulfur, considering the first two ones as severe.

Variation among soil samples are observed similarly as in those belonging to other provinces already studied. Usually, variation in severity of the deficiencies is more often observed than variation in ranking of the elements considered as production limiting factors.

Topographic and permeability factors influence the fertility diagram. Potassium deficiency tends to increase on soils located in the "precordillera de los Andes". Towards the coastal range sulfur becomes more important. One exception is presented by "ñadi" soils, where all the nutrients, even calcium and micronutrients, are scarce with potassium being the predominant one. With respect to fertility problems, the latter present the highest complexity.

Soil management changes the fertility diagram. A better management is related to a higher actual fertility, possibly due to a better nutrients economy or efficiency.

The average values calculated for Osorno are for coefficient A: 47.3; 67.9; 92.5; 96.2; 93.9 and 98.9, and for coefficient m: -1498; -1705; -128; -543; -1576 and -385 of the fertility line for P, K, Ca, Mg, S and the micronutrients, respectively.

LITERATURA CITADA

- ALMEYDA, E. y SÁEZ, F. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Depto. Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 195 p.
- APOSTOLAKIS, C. and DOUKA, C. 1970. Distribution of macro and micronutrients in soil profiles developed on lithosequences and under biosequences in Northern Greece. Soil Science Society of America, Proceedings 34 (2): 290-296.
- BLACK, C. 1968. Soil-plant relationship. 2nd. ed. N. York, John Wiley. pp. 113-116.
- BOSWELL, F. and ANDERSON, O. 1964. Nitrogen movement in undisturbed profiles of fallowed soils. Agronomy Journal 56: 278-281.
- CARMEAN, W. 1954. Site quality for Douglas-Fir in southwestern Washington and its relationship to precipitation, elevation and physical soil properties. Soil Science Society of America, Proceedings 18 (3): 330-334.
- CHILE. Instituto de Investigación de Recursos Naturales —CORFO. 1964. Suelos; Descripciones. Proyecto Aerofotogramétrico, Chile/OEA/BID. Publicación N° 2. pp 256, 317.
- DICKSON, B. and CROCKER, R. 1954. A chronosequence of soils and vegetation near Mount Shasta, California. III Some properties of the mineral soils. Journal of Soil Science 5: 173-191.
- , —————. 1953. II. The development of the forest floors and the carbon and nitrogen profiles of the soils. Journal of Soil Science 4: 142-154.
- EMBLETON, T. 1966. Magnesium. In: Chapman, H. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Riverside, University of California, Division of Agricultural Sciences. pp. 225-263.
- ENSMINGER, L. 1954. Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. Soil Science Society of America, Proceedings 18 (3): 259-264.
- FISHER, R. and STONE, E. 1969. Increased availability of nitrogen and phosphorus in the root zone of conifers. Soil Science Society of America, Proceedings 33 (6): 955-961.
- GARDNER, W. 1965. Movement of nitrogen in soil. In: Bartholomew, W. and Clark, F. (ed.). Soil nitrogen. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy (Serie Agronomy, number 10). pp. 550-572.
- GASS, W., PETERSON, G., HAUCK, R. and OLSEN, R. 1971. Recovery of residual nitrogen by corn (*Zea mays* L.) from various soil depths as measured by ¹⁵N tracer techniques. Soil Science Society of America, Proceedings 35 (2): 290-294.
- GERSPER, P. and HOLOWAYCHUK. 1970 a. Effects of stemflow water on a Miami soil under a beech tree. II. Chemical Properties. Soil Science Society of America, Proceedings. 34 (5): 786-794.

- _____. 1970 b. i. Morphological and physical properties. Soil Science Society of America, Proceedings 34 (5): 779-786.
- GOIĆ, L. 1968. Diferentes niveles de fósforo y nitrógeno en establecimiento de mezcla forrajera, en cinco series de suelos de la zona Osorno. Agricultura Técnica (Chile). 28 (1): 38-41.
- HUMPHREYS, F. and PRITCHETT, W. 1971. Phosphorus adsorption and movement in some sandy forest soils. Soil Science Society of America, Proceedings 35 (3): 495-500.
- HURTADO, R. 1963. Potasio, nitrógeno y materia orgánica en suelos dedicados al cultivo de la alfalfa, Universidad de Concepción, Chillán, Chile, Facultad de Agronomía. 296 p. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).
- JENNY, H. 1941. Factors of soil formation. N. York, Mc. Graw Hill.
- LUNDEGARDH, H. 1957. Klima und boden. 5. Auflage. Jena, Veb. Gustav Fisher. pp. 440-451, 476-478.
- LUTZ, H. and CHANDLER, F. 1951. Forest soils. N. York, John Wiley. 514 p.
- MADGWICK, H. 1963. Nutrition research. Some problems of the total tree approach. Soil Science Society of America, Proceedings 27: 598-600.
- MALCOLM, R. and MC CRACKEN, 1968. Canopy drip: A source of mobile soil organic matter for mobilization of iron and aluminum. Soil Science Society of America, Proceedings 32 (6): 834-838.
- MINA, V. 1965. Leaching of certain substances by precipitation from woody plants and its importance in the biological cycle. Soviet Soil Science (Pochvovedenie) 6: 609-617.
- MOIR, W. and GRIER, H. 1969. Weight and nitrogen, phosphorus, potassium and calcium content of forest floor humus of lodgepole pine stands in Colorado. Soil Science Society of America, Proceedings, 33 (1): 137-140.
- MUNSELL Soil color charts. 1954. Baltimore, Munsell Color Company. s/p.
- OLSEN, R., HENSLER, R., ATTOE, O., WITZEL, S. and PETERSON, L. 1970. Fertilizer nitrogen and crop rotation in relation to movement of nitrate nitrogen through soil profiles. Soil Science Society of America, Proceedings 34 (3): 448-452.
- OWENS, L. 1960. Nitrogen movement and transformation in soils as evaluated by a lysimeter study utilizing isotopic nitrogen. Soil Science Society of America, Proceedings 24: 372-376.
- PORTER, L., STEWART, B. and HAAS, H. 1964. Effects of long-time cropping on hydrolyzable organic nitrogen fractions in some great plain soils. Soil Science Society of America, Proceedings 28 (3): 368-370.
- RIEKER, H. 1971. The mobility of phosphorus, potassium and calcium in a forest soil. Soil Science Society of America. Proceedings 35 (2): 350-356.
- RODRÍGUEZ, M. 1950. Reconocimiento de suelos en las provincias de Osorno y Llanquihue. In: Chile, Depto. de Investigaciones Agrícolas, Dirección General de Agricultura, Santiago, Chile. Siete años de investigación agrícola, 1940-1947. pp. 271-286.
- RUSSEL, W. 1961. Soil conditions and plant growth. 9th. ed., New York, John Wiley. 688 p.
- SCHAEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL, P. 1960. Lehrbuch der agrökulturchemie und bodenkunde i. Bodenkunde. 5. Auflage. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag. 332 p.
- SCHENKEL, G. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de maceta. ii. Diagrama de Fertilidad. Turrialba (Costa Rica) 21 (3): 263-271.
- _____ y BAHERLE, P. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. ii. Método Usado. Agricultura Técnica (Chile) 31 (1): 9-24.
- _____, _____, FLOODY, T. y GAJARDO, M. 1972. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. viii. Macronutrientes, provincia de Valdivia. Agricultura Técnica (Chile). 32 (1): 37-48.
- _____, _____, _____, _____. 1971a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. vi. Macronutrientes, provincia Cautín. Agricultura Técnica (Chile) 31 (4): 169-181.
- _____, _____, _____, _____. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. iv. Macronutrientes, provincia Malleco. Agricultura Técnica (Chile) 31 (3): 129-135.
- _____, _____, _____, _____. 1970. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. i. Experiencia preliminar. Agricultura Técnica (Chile) 30 (4): 173-187.
- _____ y GAJARDO, M. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de maceta. iii. Fórmula de fertilización del abonamiento de corrección. Turrialba (Costa Rica) 21 (3): 272-279.
- _____, PINO, E. y FLOODY, T. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. iii. Cálculo de las líneas de fertilidad sobre el diagrama de fertilidad. Agricultura Técnica (Chile) 31 (2): 106-115.
- SCHUFFELEN, A. 1958. Die mineraldüngung als voraussetzung für die umwandlungsmöglichkeiten von "Naturböden" in "Kulturböden". In: Schmitt, L. und Ertel, H. Hundert Jahre erfolgreiche Düngewirtschaft. Frankfurt a. Main, Sauerländer's Verlag. pp. 46-59.
- SHAW, K. 1962. Loss of mineral nitrogen from soil. Journal of Agricultural Sciences 58: 145-152.
- SMITH, W., NELSON, L. and SWITZER, G. 1963. The characterization of dry matter and nitrogen accumulation by loblolly pine (*Pinus taeda* L.) on poor sites. Soil Science Society of America, Proceedings 27 (4): 465-468.

- SPRAGUE, H. 1964. *Hunger signs in crops*. 3th. ed. New York, David McKay Co. pp. 197-199, 218.
- STEWART, B. and WHITFIELD, C. 1965. Effects of crop residue, soil temperature and sulfur on the growth of winter wheat. *Soil Science Society of America, Proceedings* 29 (6): 752-755.
- STOLTENBERG, N. and WHITE, J. 1953. Selective loss of plant nutrients by erosion. *Soil Science Society of America, Proceedings* 17 (4): 406-410.
- TERRY, L. and Mc. CANTS, C. 1970. Quantitative prediction of leaching in field soils. *Soil Science Society of America, Proceedings* 34 (2): 271-275.
- VAN DER PAAUW, F. 1962. Effect of winter rainfall on the amount of nitrogen available to crops. *Plant and Soil* 16: 361-380.
- WALLACE, A. 1953. *The diagnosis of mineral deficiencies in plants*. N. York, Chemical Publishing Co., pp. 56-58 and plate 21.
- WILL, G. 1955. Removal of mineral nutrients from tree crowns by rains. *Nature (London)*. 176, 1180.